

# »How much can a Scientist do for his country?« Praxis und Selbstwahrnehmung amerikanischer Ingenieure im Kalten Krieg

Lars Bluma

Entstehung und Entfaltung des Militärisch-Industriellen Komplexes in den USA haben eine vielfältige Literatur in der amerikanischen Geschichtswissenschaft hervorgebracht. Dennoch ist es auffällig, dass die bisherigen Arbeiten sich auf die ökonomischen und technischen Aspekte sowie die Institutionalisierung von Netzwerken zwischen Militär, Staat, Wirtschaft und Wissenschaft beschränken und dabei kulturhistorische Fragestellungen weitgehend außen vor lassen. Den Transformationsprozess der amerikanischen Ingenieurwissenschaften während und nach dem Zweiten Weltkrieg, der hier untersucht wird, betrafen jedoch alle drei Dimensionen von Technik, die Historiker gemeinhin untersuchen: das Soziale, die Technik und die Kultur.

Arnold Pacey hat in seiner Abhandlung *The Culture of Technology* die in den 1980er Jahren etablierten sozial- und technikhistorischen Methoden und Fragestellungen um eine kulturelle Dimension erweitert.<sup>1</sup> Nach seinem Konzept verbinden sich in der »technologischen Praxis« sowohl die technische Aspekte, die die technische Genese im engeren Sinne, die Maschinen, Werkzeuge, natürlichen und künstlichen Ressourcen, das bewusste und unbewusste Wissen der Ingenieure sowie deren Erfahrung umfassen, als auch organisatorische oder besser soziale Aspekte, in denen die ökonomischen und industriellen Tätigkeiten von Produzenten und Konsumenten sowie die Professionalisierung der technischen Experten aufgehen. Komplettiert wird das »technologische Dreieck« durch die kulturellen Aspekte, die die Werte, Ziele und Ideologien der Akteure sowie deren Kreativität und Fortschrittsauffassung abbilden.<sup>2</sup>

Auch wenn hier nicht im Detail der Terminologie Paceys gefolgt werden soll – vor allem was die Begrifflichkeit von Technik und Technologie angeht –, ist seiner Forderung nach einer integrativen Technikbetrachtung, die die technischen, sozialen und kulturellen Aspekte von technischer Praxis und Entwicklung einbezieht, zuzustimmen. Die historische Analyse von technischen Innovationen, so ließe sich resümieren, bleibt ohne Einbezug der kulturellen Bedingungen für die Durchsetzung oder das Scheitern technischer Entwicklungen unvollständig. Ziel einer kulturhistorisch erweiterten Technikgeschichte ist somit die Analyse von Wahrnehmungsweisen und Sinndeutungen der Akteure sowohl auf der Seite der Technikproduzenten als auch der -konsumenten sowie der diskursiven und

bildlichen Repräsentationen von Technik. Es soll jedoch betont werden, dass ein isolierter kultureller Ansatz, der meint, ohne die soziale und materielle Dimension von Technik auskommen zu können, zu kurz greift. Weder lassen sich symbolische bzw. semantische Deutungssysteme von ihren sozialen Trägern lösen, noch sind Deutungszuschreibungen unabhängig von der Funktion und Materialität technischer Artefakte und Systeme. Vielmehr stehen kulturelle Sinndeutungen, soziale Institutionen und Technik in einem Wechselverhältnis zueinander; sie bilden ein heterogenes Ensemble.<sup>3</sup> Die Technik- und Wissenschaftsgeschichte befindet sich seit einigen Jahren in einer fruchtbaren Debatte darüber, wie vor allem die technische, artefaktbezogene und dingliche Dimension der Technik in sozial- und kulturhistorische Theorien und Methoden eingebettet werden kann. Die Leistungsfähigkeit einer kulturhistorischen Erweiterung der Technikgeschichte hat unlängst Mikael Hard in einem Literaturüberblick dokumentiert.<sup>4</sup>

Ziel dieses Beitrags ist es, den Transformationsprozess der amerikanischen Ingenieurwissenschaften seit dem Zweiten Weltkrieg als einen kulturellen Prozess zu verstehen. Kultur wird in Hinblick auf eine soziale Gruppe im Sinne von Sharon Traweek verstanden: »...a community is a group of people with a shared past, with ways of recognizing and displaying their differences from other groups, and expectations for a shared future. Their culture is the ways, the strategies they recognize and use and invent for making sense.«<sup>5</sup>

Im Zentrum stehen die rhetorischen und bildlichen Selbstbeschreibungen und Repräsentationen der amerikanischen Ingenieurwissenschaften, die exemplarisch anhand von Werbe- und Stellenanzeigen in der amerikanischen Fachzeitschrift *Scientific American* untersucht werden. Allerdings lässt sich die kulturelle Dimension des hier dargestellten Transformationsprozesses der amerikanischen Ingenieurwissenschaft keineswegs auf ikonologische Umbrüche reduzieren. Um überhaupt die repräsentative Kraft der analysierten Bildquellen einschätzen zu können, ist es notwendig, diese in Verbindung zu setzen mit den sozialen, politischen und technischen Entwicklungen des Untersuchungszeitraums, denn Bilder sind in ihrer Vieldeutigkeit nicht aus sich selbst heraus historisch analysierbar.<sup>6</sup> Vielmehr müssen diese mit den klassischen Schriftquellen in Bezug gesetzt werden.

Hierbei wird auf die fundamentalen Umbrüche der amerikanischen Ingenieurwissenschaften während des Zweiten Weltkriegs rekurriert. In dieser Zeit wurde ein tiefgreifender technischer, organisatorischer und kultureller Wandel initiiert, der im Kalten Krieg in eine lang anhaltende und sehr stabile Struktur überführt wurde. Prägend war die Etablierung des Militärisch-Industriellen Komplexes, ein Begriff, der die neuen sozialen Institutionen und Netzwerke sowie die militärtechnische Ausrichtung der Forschung bezeichnet, in dem aller-

dings auch die kulturelle Dimension einbezogen werden sollte. Auch wenn die Einbettung der Ingenieurwissenschaften in die militärischen und politischen Netzwerke Strukturen etablierte, die bis heute in den USA Wirksamkeit haben, konzentriert sich die folgende historische Analyse auf Entwicklungen bis in die 1960er Jahre.

## **Entstehung des Militärisch-Industriellen Komplexes im Zweiten Weltkrieg**

Wer historische Transformationsprozesse während des Kalten Krieges beschreibt, kann auf eine Betrachtung des Zweiten Weltkrieges und seiner Folgen für die amerikanischen Ingenieurwissenschaften nicht verzichten. Eigentlich müsste sogar ein Rückgriff auf die Zeit der Großen Depression und des *New Deal* erfolgen, weil sich hier zum ersten Mal in den USA eine bundesstaatliche Technologiepolitik entwickelte, die das ideologische Projekt des wissenschaftlich-technischen Fortschritts nicht mehr ausschließlich dem privatwirtschaftlichen Unternehmertum überlassen wollte, sondern dieses als eine staatliche Aufgabe ansah.<sup>7</sup>

In Bezug auf die amerikanische Wissenschafts- und Technologiepolitik gilt der Kriegseintritt der USA im Dezember 1941 jedoch als ein bedeutsamerer Wendepunkt. Zu Diskussionen in der »scientific community« der Ingenieure und Naturwissenschaftler, ob ein Kriegseintritt der USA zu erwarten wäre und wie in diesem Fall die Wissenschaften für einen Krieg mobilisiert werden könnten, kam es aufgrund der schnellen Erfolge der deutschen Wehrmacht in Polen im September 1939 und im anschließenden Feldzug gegen Frankreich im Mai und Juni 1940. Als ein einflussreicher Vertreter der Interventionisten, die ein militärisches Engagement der USA in Europa forderten, erwies sich der Präsident der Harvard University, James B. Conant (1893–1978), der vehement forderte, dass die Wissenschaften für einen Kriegseintritt vorbereitet werden müssten.<sup>8</sup> Conant fungierte später als eine Schaltstelle zwischen Militärbükratie und Wissenschaft bei der militärischen Atomforschung und war von 1953 bis 1957 Botschafter bzw. »high commissioner« in Westdeutschland. Das Netzwerk der Interventionisten in Wissenschaft und Politik wuchs beständig, so dass der amerikanische Präsident Franklin D. Roosevelt (1882–1945) im Juni 1940, also schon vor Kriegseintritt der USA, eine neue Organisation der Wissenschaftskoordinierung aus der Taufe hob, welche die Mobilisierung der Natur- und Ingenieurwissenschaften garantieren sollte. Die neu geschaffene Wissenschaftsorganisation, das National Defense and Research Committee (NDRC), ging zurück auf eine Initiative eines anderen Schwergewichtes der amerikanischen Wissenschaften, nämlich auf Vannevar Bush (1890–1974). Bush hatte erste wissenschaftliche Erfolge Ende der 1920er

Jahre am Massachusetts Institute of Technology (MIT) erzielt, wo er, von Hause aus Elektrotechniker, Rechenmaschinen zur Lösung von Differentialgleichungen entwickelte.<sup>9</sup> Bushs aufwändige Rechnerprojekte erforderten zum einen eine gesicherte Finanzierung, zum anderen aber auch einen ausreichend großen Kreis von Abnehmern, so dass er bald als Wissenschaftsorganisator tätig wurde, der weit reichende Netzwerke mit Industrieunternehmen, den großen wissenschaftlichen Förderinstitutionen der USA – Rockefeller Foundation und Carnegie Cooperation – sowie dem Militär knüpfte. Die Erfahrungen mit den militärischen Dienststellen der Navy, die an einer Dechiffriermaschine interessiert waren, sollten für Bushs Konzept des NDRC prägend werden.<sup>10</sup>

Die Zusammenarbeit mit der Militärbükratie gestaltete sich für Bush äußerst schwierig, was unter anderem zum Scheitern der Kooperation führte. Nicht nur die direkten Eingriffe der Militärs in die Forschungspraxis wurden von ihm kritisiert, sondern auch die herablassende Art, mit der Ingenieure und Wissenschaftler behandelt wurden. Für Bush war es zwar unstrittig, dass Ingenieurwissenschaften, Industrie und Militär besser miteinander verzahnt werden müssten, er pochte aber auf die Autonomie der Wissenschaftler, ganz wie es dem bis dato gültigen Leitbild der amerikanischen Universitäten entsprach.<sup>11</sup> Bush – inzwischen Leiter des National Advisory Committee on Aeronautics (NACA) und Präsident der Carnegie Cooperation – konnte seine Vorstellungen von einer Mobilisierung der Wissenschaftler für den Krieg Roosevelt am 12. Juni 1940 vortragen. Als angesehener Ingenieur mit Kontakten zum Militär und als führender Wissenschaftsorganisator ernannte der Präsident Bush drei Tage später zum Vorsitzenden des NDRC, das nun die zentrale Organisation für die Koordinierung der Militärforschung werden sollte. Bush konnte schnell andere gewichtige Akteure des amerikanischen Wissenschaftssystems im NDRC einbinden. Dazu zählten der schon erwähnte James B. Conant, Frank B. Jewett (1879–1949), Vorsitzender der National Academy of Science und Leiter einer der größten privatwirtschaftlichen Forschungsinstitutionen, der Bell Telephone Laboratories, Karl T. Compton (1887–1954), Präsident des MIT sowie Richard C. Tolman (1881 – 1948), ein Physiker am California Institute of Technology (Caltech), der die Verbindung zu den Forschungseinrichtungen der Westküste sicherte sowie Conway P. Coe als Leiter der amerikanischen Patentbehörde.

Als zivile Organisation war das NDRC keiner militärischen Dienststelle verantwortlich. Das Militär war im organisatorischen Rahmen des NDRC jedoch über zwei Mitglieder auf der Führungsebene vertreten, diese wechselten jedoch häufig und ihr Einfluss war gering.<sup>12</sup> Die erste Handlung der NDRC-Mitglieder war die Erstellung einer Übersicht über die laufenden kriegsrelevanten Forschungsprojekte und über die militärtechnischen Bedürfnisse der einzelnen Waf-

fengattungen. Im zweiten Schritt wurden Unterabteilungen etabliert, die sehr gut die inhaltlichen Leitlinien der zukünftigen Forschungsschwerpunkte widerspiegeln: Division A (Tolman): Artillerie- und Panzerwaffen; Division B (Conant): Bomben, Treibstoffe, Gase und chemische Forschung; Division C (Jewett): Kommunikation und Transport; Division D (Compton): Erkennungstechniken, Kontroll- und Regelungstechnik, Instrumente; Division E (Coe): Patente und Erfindungen.

Diese Struktur wurde im Mai 1941 geändert, was zu einem erheblichen Kompetenzzuwachs Bushs führte. Das NDRC wurde nun eine Unterorganisation des Office of Scientific Research and Development (OSRD), wieder unter Leitung Bushs, welches nun eine Abteilung für Militärmedizin (Committee on Medical Research) erhielt und später erweitert wurde um das Applied Mathematical Panel (1942) und das Applied Psychology Panel (1943).<sup>13</sup> Eine weitere Vernetzung von Militär und Wissenschaft erfolgte mit der Etablierung des Joint Committee on New Weapons and Equipment 1942 unter Vorsitz Bushs, das den Informationsfluss zwischen Navy, Army und dem zivilen Forschungsbetrieb sicherstellen sollte. Sowohl die Atomwaffen- als auch die Luftfahrtforschung waren nicht im OSRD integriert. Während die Luftfahrtforschung in der Vorgängerorganisation der NASA, der NACA, verblieb, wurde die Entwicklung der Atombombe im Manhattanprojekt konzentriert, das ganz anders als das NDRC militärisch geleitet wurde, was zu andauernden Konflikten zwischen zivilen Wissenschaftlern und Militärs führen sollte.<sup>14</sup>

Wichtigstes Steuerungsinstrument des NDRC war ein Vertragssystem, in dem die bestehenden Forschungsinstitutionen mit dem NDRC die personale, finanzielle und räumliche Ausstattung festlegten.<sup>15</sup> Grundsatz dieser Verträge war das »No-Profit-No-Loss-Prinzip«: Keine der Vertragsparteien sollte Gewinne oder Verluste machen; vielmehr wurde den Forschungsinstitutionen die vollständige Kostenübernahme garantiert. Diese Form der Auftragsforschung sah weiterhin feste Termine für den Abschluss von Projekten vor, die in einem Abschlussbericht zu dokumentieren waren. Dieses Vertragssystem offenbart den Willen des NDRC, die gegebene dezentrale Organisationsstruktur der amerikanischen Wissenschaften nicht anzutasten. Es sollten keine neuen Forschungsinstitutionen bzw. -laboratorien unter direkter Leitung des NDRC entstehen. Dies oblag vielmehr den Vertragsnehmern. Tatsächlich kam es dann auch bald zur Gründung von Großforschungseinrichtungen – als Beispiele seien das Servomechanism Laboratory und das Radiation Laboratory am MIT genannt. Ein entscheidender Vorteil des Vertragssystems war, dass das NDRC ohne großen bürokratischen Aufwand die Fördermittel verteilen konnte. Das NDRC erwies sich als eine

schnell agierende Organisation mit flachen Hierarchien ohne bürokratischen Wasserkopf und undurchsichtigen Entscheidungsinstanzen.

Es stellt sich die Frage, ob mit diesem organisatorischen »turning point« ein qualitativer Umbruch in der Forschungspraxis einherging.<sup>16</sup> Die asymmetrische, ungleichgewichtige Verteilung der NDRC-Fördermittel, die bestehende, technisch ausgerichtete Universitäten bevorzugte, deutet einen Trend in der wissenschaftlichen Praxis an, der im angelsächsischen Sprachraum treffend als »big science« bezeichnet wird: Ressourcenaufwändige technische Entwicklungsarbeit wurde in wenigen gut ausgestatteten Forschungsinstitutionen konzentriert. Die von den Militärs geforderten hochkomplexen Waffensysteme machten große interdisziplinäre Wissenschaftlerteams notwendig, in denen technische Kompetenzen aus den verschiedenen Fachgebieten kooperieren mussten. Damit besaßen die schon etablierten technisch orientierten Universitäten, die schon vor dem Zweiten Weltkrieg unter dem Druck der Finanzknappheit während der Großen Depression entsprechende Ressourcen aufgebaut und neben den staatlichen Fördergeldern privatwirtschaftliche Mittel eingeworben hatten, einen großen Vorteil beim Erhalt staatlicher Gelder.<sup>17</sup> Hinzu kam, dass Forschung nun projektorientiert praktiziert wurde, d.h. vereinfacht ausgedrückt, alleiniges Erfolgskriterium war, ob am Ende eines Entwicklungsprozesses eine funktionierende Waffe zur Verfügung stand. Nicht so sehr der allein arbeitende Naturwissenschaftler auf der Suche nach den Gesetzen der Natur stand bei der Projektforschung im Mittelpunkt, sondern der Ingenieur, der die Fähigkeit besaß, konkrete technische Probleme in Zusammenarbeit mit industriellen und militärischen Auftraggebern in heterogen zusammengesetzten Teams zu lösen. Damit ging einher, dass der soziale Status der Ingenieure erheblich aufgewertet wurde, während die theoretisch ausgerichteten Forscher an sozialem Staus verlieren sollten.<sup>18</sup> Durch die militärtechnische Auftragsarbeit verwandelte sich das Wissenschaftsethos in erheblichem Ausmaß, indem die Wissenschaft artefaktkonzentriert wurde und Forschungsprobleme nun überwiegend nicht mehr nur über den aktuellen Wissensstand definiert wurden, sondern über konkrete technische und politische Probleme. Die Wissenschaftler an den Universitäten begannen sich daran zu gewöhnen, politische und militärische Ziele und Bedürfnisse in technische Artefakte und Systeme zu übersetzen.

Die Transformation des amerikanischen Wissenschaftssystems während des Zweiten Weltkrieges basierte auf einer Verflechtung von sozialen, organisatorischen und technischen Entwicklungen, die nicht getrennt voneinander zu betrachten sind. Die Entwicklung hochkomplexer technischer Waffensysteme, wie beispielsweise von Radar- und Flugabwehrsystemen, fand in einem Gewebe heterogener Akteure statt: Wissenschaftler, Ingenieure, Militärs, Politiker und Un-

ternehmen bildeten zusammen mit den technischen Systemen ein neues sozio-technisches Netzwerk.<sup>19</sup> Die Überlagerung von technischen und militärischen Leitbildern öffnete neue Technikpfade, beispielsweise auf den Feldern servomechanischer Luftabwehrsysteme, Radarsysteme, Rechenmaschinen, Annäherungszünder, Atomwaffen und im gesamten Bereich elektrotechnischer Komponenten. Das NDRC war eine Koordinierungsinstanz, die als Stellvertreter von traditionellen Politikinstanzen funktionierte und diese entlastete. Damit hatte die von Wissenschaftlern und Ingenieuren organisierte Verteilung der staatlichen Forschungsgelder und die damit einhergehende Setzung von Forschungsinhalten selbst politischen Charakter.<sup>20</sup>

### **Stabilisierung des Militärisch-Industriellen Komplexes im Kalten Krieg**

Das durch das NDRC repräsentierte Wissenschaftssystem war ganz und gar auf die Bedürfnisse des Zweiten Weltkriegs ausgerichtet. Nach Kriegsende erwies sich der damit eingeschlagene Weg keineswegs als so stabil, wie es manche Historiker im Nachhinein postulieren. Von Seiten Bushs kam es im Herbst 1944 zu ersten Überlegungen, in welcher Form das NDRC demobilisiert werden könnte.<sup>21</sup> Bush sah vor, dass alle Projekte, die für die Weiterführung des Krieges gegen Japan als nicht mehr relevant anzusehen seien, nach der in Kürze erwarteten Kapitulation Deutschlands eingestellt werden sollten. Alle Projekte, die darüber hinaus nicht innerhalb von drei bis vier Monaten abzuschließen waren, sollten an die entsprechenden militärischen Dienststellen transferiert werden. Das NDRC zog sich somit konsequent aus der Forschungsorganisation zurück und stellte tatsächlich Ende 1945 alle Tätigkeiten ein. Die nun anstehende Debatte über eine Nachfolgeorganisation wurde bestimmt von einem Bericht Bushs, den Roosevelt angefordert hatte und der nach dessen Tod dem neuen Präsidenten Harry S. Truman (1884–1972) am 5. Juli 1945 vorgelegt wurde.<sup>22</sup> Der Bush-Bericht zeichnete nicht nur die Linien einer zukünftigen Forschungspolitik, sondern spiegelte auch den technokratischen Optimismus eines konservativen Ingenieurwissenschaftlers wider. In seinem Bericht macht er vor allem drei Bereiche aus, in denen der wissenschaftlich-technische Fortschritt eine erhebliche Rolle für das Wohlergehen der amerikanischen Nachkriegsgesellschaft spielen sollte: »war against disease«, »national security« und »public welfare«.

Der wissenschaftlich-technisch fundierte Fortschrittsoptimismus war durch die Erfolge während des Zweiten Weltkrieges zu einem über alle politischen Fraktionen hinweg geteilten Konsens geworden. Doch entzündete sich an der von Bush vorgeschlagenen zukünftigen Forschungsorganisation eine hitzige, fünf Jahre anhaltende Debatte um eine Nachfolgeorganisation des NDRC/OSRD im

US-Kongress. Die neu zu gründende National Science Foundation (NSF), die Bush in seinem Bericht forderte, sollte nichts anderes als ein Klon des NDRC/OSRD sein. In ihr sollten Wissenschaftler autonom über die Verteilung von staatlichen Geldern entscheiden und dabei nur dem Präsidenten verantwortlich sein.<sup>23</sup> Der Staat sollte nicht eingreifen in Inhalte und Ziele der Forschung, was den New-Deal-Befürwortern jedoch bitter aufstieß, da sie staatliche Eingriffsrechte in die Forschungsförderung garantiert haben wollten und erhebliche Demokratiedefizite in der elitären Organisation der NSF erkannten.<sup>24</sup> Tatsächlich erwies sich die 1950 ins Leben gerufene NSF als eine sehr abgeschwächte Form des Bush-Vorschlages und konnte nie die Bedeutung des NDRC/OSRD erlangen.

In dem Vakuum, das die Debatte um die NSF hinterließ, etablierte sich schließlich eine Form der Forschungsförderung, die für die gesamte Zeit des Kalten Krieges Bestand haben sollte. Die Universitäten sahen sehr deutlich die Chancen, die ihnen der staatliche Strom an finanziellen Ressourcen auch in Friedenszeiten eröffnete. Außerdem war das Militär weiterhin an einer Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern interessiert, definierte es seine militärische Stärke doch immer mehr als technische Stärke. Zunächst war es jedoch auch für das Militär nicht absehbar und zwingend notwendig, dass es nun in erheblichem Maße in die Forschungsförderung einsteigen sollte. Nach dem Ausbruch eines neuen »heißen« Konfliktes, des Koreakrieges 1950, und die damit einhergehende verstärkte politische Auseinandersetzung zwischen den militärischen und ideologischen Blöcken im Kalten Krieg änderte sich dies jedoch relativ rasch.<sup>25</sup> Der Wettkampf der Systeme wurde immer mehr interpretiert als ein Wettkampf um die fortschrittlichste Technik – vor allem im militärtechnischen Bereich aber auch in der prestigeträchtigen Weltraumforschung.<sup>26</sup> Anstelle einer von autonom agierenden Wissenschaftlern zentral gesteuerten Wissenschaftsförderung füllten dezentrale Netzwerke das Vakuum auf, das die Auflösung des NDRC/OSRD hinterlassen hatte, und zwar durch Kooperationen und Auftragsforschung, die direkt zwischen den militärischen Behörden und den Forschungsinstitutionen vertraglich abgesichert wurden.<sup>27</sup> Dies geschah nach dem Ausbruch des Koreakrieges in einem Maße, welches die Fördervolumina im Zweiten Weltkrieg in den Schatten stellen sollte.

Die universitäre Ingenieurwissenschaft wurde ab den 1950er Jahren eine dauerhafte Ressource für die technischen Anforderungen des amerikanischen Militärs. Während die Projektforschung als Vertragssystem zwischen Militär und Industrie auf der einen Seite und den Universitäten auf der anderen Seite etabliert wurde, wurde dem Staat die Unterstützung der Grundlagenforschung zugeschrieben. Den Universitäten kam auch deshalb eine Schlüsselposition im Militä-



risch-Industriellen Komplex zu, weil sie die Ausbildung der technischen Experten sicher stellten, die sowohl die Industrie als auch das Militär und die staatlichen Behörden in immer höherer Zahl benötigten. Während im Zweiten Weltkrieg überwiegend mit Standardverträgen operiert wurde, um den bürokratischen Aushandlungsprozess so gering wie möglich zu halten, wurde das Vertragswesen in der Nachkriegszeit weitaus flexibler gestaltet. Um die Zentren der Auftragsforschung, also die schon im Zweiten Weltkrieg immens geförderten Universitäten wie MIT und Caltech, entstanden mit den steigenden Zuwendungen im Kalten Krieg regionale Innovationscluster, die einen entsprechenden Boom in der universitätsnah angesiedelten Industrie auslösten. Überall dort, wo es zu engen Netzwerken von universitären, militärischen und industriellen Akteuren kam, entwickelte sich eine effiziente Innovationskultur, die ganz dem Paradigma der »big science« folgte.<sup>28</sup>

Auf der Ebene des technischen Wissens und der technischen Praxis sind zum einen die Fortführung und Intensivierung der interdisziplinären Forschung in Großforschungseinrichtungen zu nennen, die teilweise als »spin-offs« der im Krieg etablierten Institute weiter bestanden. Daneben wurden gänzlich neue Institute gegründet, die eine Vielzahl von rechtlichen Organisationsformen annehmen konnten. Zum anderen traten auf der Ebene der wissenschaftlichen Methode die Ingenieurwissenschaften in einen reflexiven Prozess ein, der in der Formulierung der eigenen Wissenschaftsgrundlagen als »systems engineering« zur Integration verschiedener Aspekte technischer Entwicklungsarbeit führte. Die Berücksichtigung der Komplexität militärtechnischer Systeme, der Einbezug von Nutzern in technische Systeme und die verstärkt einsetzende Mathematisierung der technischen Entwicklungsarbeit sind Beispiele hierfür. Die Komplexität der technischen Waffensysteme und die Interdisziplinarität der Forschungsarbeit, die Wissenschaftler aus ganz unterschiedlichen Fachbereichen seit dem Zweiten Weltkrieg zusammen brachte, machten es notwendig, auf der methodischen Ebene des technischen Designprozesses neue Wege zu gehen. Das betraf einerseits die Integration unterschiedlicher technischer Wissensbestände in ein konsistentes Designverfahren. Andererseits wurde überdeutlich, dass Forschung und Entwicklung in großen interdisziplinären Teams mit Beteiligung staatlicher, militärischer und industrieller Akteure Managementprobleme aufwarf, die für die Ingenieure neu waren.<sup>29</sup> Ein drittes wichtiges Element des amerikanischen Innovationssystems im Kalten Krieg war die Gründung von professionellen Institutionen der Technik- und Politikberatung, die Ingenieure in zentrale Schnittstellen zwischen Wissenschaft, Militär und Staat rücken ließ.

Erste Ansätze, die Komplexität der neuen militärtechnischen Systeme in die taktischen Anforderungen der Streitkräfte einzubeziehen, wurden in Großbritan-

nien Mitte der 1930er Jahre entwickelt und später als Operations Research (OR) bekannt.<sup>30</sup> Vor allem die Radarentwicklung machte deutlich, dass eine isolierte Betrachtung von Waffentechniken deren Effizienz vermindern würde. Vielmehr galt es, Einzeltechniken als Bestandteile übergeordneter Verteidigungssysteme zu betrachten; also beispielsweise das Radar als Element einer nationalen Flugabwehr. OR ging es um den effizientesten Einsatz aller zur Verfügung stehenden Systemkomponenten, integriert in einer angepassten militärischen Taktik. Dies hatte seinen Ursprung in der Zusammenarbeit von Mathematikern und Ingenieuren im Zweiten Weltkrieg.

Während OR mit Hilfe empirischer und mathematischer Methoden die Integration neuer Waffensysteme in das Militär gewährleisten und die damit verbundenen taktischen und strategischen Entscheidungen auf ein wissenschaftliches Fundament stellen sollte, war der Systemansatz nach dem Zweiten Weltkrieg weitaus umfassender: Er zeichnete sich durch eine synthetisch-ganzheitlichen Perspektive aus, die Systeme als Netzwerke heterogener, miteinander agierender Einzelbestandteile ansah. In den Ingenieurwissenschaften wurden Methoden der technischen Systemanalyse entwickelt, wie z. B. Blockdiagramme, Input-output-Analysen, statistische Verfahren, Transferfunktionen und der Einsatz von Computern, die technische in formale Systeme übersetzten.<sup>31</sup> Anziehend für die Ingenieure war der systemische Ansatz, weil er von der materiellen Spezifikation der Systembestandteile absah und durch sein hohes Abstraktionsniveau die unterschiedlichen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen in den interdisziplinären Teams integrieren konnte. Die von Norbert Wiener (1894–1962) 1948 formulierte Kybernetik war ebenfalls ein universeller Ansatz, der die wissenschaftlichen Terminologien der Technik, der Biologie und ansatzweise auch der Sozialwissenschaften auf der Grundlage regelungstechnischer Konzepte vereinheitlichen wollte.<sup>32</sup>

Ein weiterer Trend während des Kalten Krieges war die Gründung von Non-profit-Organisationen, die, finanziell ausgestattet von Staat und Militär, umfangreiche Dienstleistungen im Bereich der Forschung übernahmen. Ein bekanntes Beispiel ist die *Research and Development Corporation* (RAND), die 1948 von der U.S. Air Force gegründet wurde.<sup>33</sup> RAND wurde bald zu einem Promoter der neuen systemischen Analysemethoden wie OR und Systemanalyse und benutzte zur notwendigen Datenauswertung fortschrittliche Computertechnologien, so dass vor allem im Bereich der Programmierung entsprechende Kompetenzen aufgebaut wurden, die den militärischen und staatlichen Auftraggebern zur Verfügung gestellt werden konnten. In den 1950er Jahren erhielt die RAND durch ihre Analysen erheblichen Einfluss auf die strategischen Entscheidungen der amerikanischen Streitkräfte.

## Diskursive und ikonografische Transformationen

Der Transformationsprozess der Ingenieurwissenschaften und ihr modifizierter gesellschaftlicher Status führten zu einer veränderten Selbstwahrnehmung der Ingenieure wie auch zu neuen Darstellungen der Profession in öffentlichen Repräsentationen.<sup>34</sup> Hierbei ist ein Bruch seit den 1950er Jahren auszumachen, der in den 1960er Jahren voll zum Tragen kommt. Die folgenden Beispiele zeigen einen repräsentativen Querschnitt dieser kulturellen Repräsentationen; sie bildeten ein hegemoniales Repräsentationsensemble, welches in dieser Form vorher nicht zu finden und Ende der 1960er Jahre wieder verschwunden war. Die herangezogenen Beispiele stammen aus der angesehenen Fachzeitschrift *Scientific American*, die sich dadurch auszeichnet, dass sie einen Überblick über die Forschung aller naturwissenschaftlicher Disziplinen und auch der Ingenieurwissenschaften leistet, damit also ein breites wissenschaftliches Fachpublikum aber auch interessierte Laien als Leser anspricht. Bei der analysierten Quellengattung handelt es sich um Werbe- und Stellenanzeigen, die überwiegend sowohl Bild- als auch Textelemente enthalten. Dementsprechend verweisen diskursive und bildliche Repräsentationen aufeinander. Der größte Teil der Anzeigen ist aufwändig gestaltet, sodass eine eindeutige Kategorisierung einerseits als Werbung oder andererseits als Stellenanzeige nicht immer möglich ist. Die funktionalen Unterschiede der Anzeigentypen werden teilweise aufgehoben.

Zunächst fällt auf, dass im Vergleich zu den Vorkriegsausgaben des *Scientific American*, die Anzahl der Anzeigen quantitativ erheblich zunahm. Vor dem Zweiten Weltkrieg waren Anzeigen eine Ausnahme, nach dem Zweiten Weltkrieg nahm diese Repräsentationsform erheblichen Raum im Zeitschriftenkorpus ein und dominierte teilweise mit ganzseitigen Anzeigen den »visuellen Stil« der Fachzeitschrift. Dabei verwies diese besondere Form der Wissenskommunikation durchaus auf die redaktionellen Beiträge des *Scientific American*, sodass der Leser zwischen Werbung und wissenschaftlichem Fachartikel Verbindungen ziehen konnte. Ina Heumann charakterisiert dieses Verhältnis treffend als wechselseitig »parasitär«.<sup>35</sup> Damit ist eine Grundannahme neuerer historischer Arbeiten zum Verhältnis von Wissenschaft und Öffentlichkeit angedeutet, die von einem komplexen Beziehungsgeflecht zwischen beiden Seiten ausgehen und eine gegenseitige Ressourcenmobilisierung annehmen.<sup>36</sup> Wie im Folgenden gezeigt wird, sind diese Austauschbeziehungen zwischen Öffentlichkeit (hier Fachöffentlichkeit und technisch bzw. wissenschaftlich interessierte Öffentlichkeit) und Wissenschaft für die kulturelle Repräsentation der Ingenieure im *Scientific American* konstitutiv.

Die Konzentration der historisch-bildlichen Analyse auf eine bestimmte Fachzeitschrift im Sinne einer seriell-ikonographischen Betrachtung mit einem fest umgrenzten Quellenkorpus hat den Vorteil, dass einem einzelnen Bild nicht zu große Bedeutung beigemessen wird, was zu übertriebenen Schlussfolgerungen führen könnte.<sup>37</sup> Weiterhin ist gewährleistet, dass bezüglich kollektiver Wahrnehmungen und Selbstwahrnehmungen Produzenten und Rezipienten der analysierten Werbeanzeigen relativ geschlossene soziale Gruppe bildeten: forschende Technologieunternehmen sowie Universitäten aufseiten der Quellenproduzenten und Naturwissenschaftler bzw. Ingenieure auf der Seite der Rezipienten. Die Grenzen des seriell-ikonographischen Ansatzes ergeben sich aus dem abgegrenzten Quellenkorpus, sodass verallgemeinernde Aussagen, inwiefern die vorgefundenen rhetorischen und bildlichen Repräsentationen typisch für die gesamte Wahrnehmung von Technik in der amerikanischen Öffentlichkeit während des Kalten Krieges waren, nur sehr bedingt möglich sind. Eine breiter angelegte Studie, die Querverweise und intertextuelle bzw. interpiktorale Bezüge zwischen verschiedenen Zeitschriften und anderen Medien analysieren könnte, wäre wünschenswert.

Exemplarisch wurde der Jahrgang 1962 des *Scientific American* einer quantitativen Analyse unterzogen, die klären sollte, welche technischen Bereiche in den Anzeigen repräsentiert wurden und wie viele Anzeigen einen eindeutigen, expliziten Bezug zu Militärtechnik bzw. »nationaler Sicherheit« aufwiesen.<sup>38</sup> Von den insgesamt 707 Anzeigen verwiesen knapp ein Fünftel auf den militärischen Nutzen, zeigten Kriegstechnologie oder wiesen ganz allgemein auf die Bedeutung der eigenen Forschung für die nationale Sicherheit der USA hin. Der größte Teil der Anzeigen bezog sich auf Weltraum- bzw. Raketentechnik (160), dicht gefolgt von Materialforschung und Chemie (155) sowie dem Bereich Computer, Datenverarbeitung und Mikroelektronik (152). Kommunikations- und Kontrolltechnik folgten mit 120 Nennungen, Verweise auf »systems engineering«, »system analysis« oder OR fanden sich 91-mal. Konsumtechnik (51), wie beispielsweise Automobile, Fernsehen usw., sowie Nuklear- und Atomtechnik mit 45 Anzeigen bildeten ebenso wie die Flugzeugtechnik (45) nur marginale Gruppen innerhalb des Anzeigenkorpus. Andere technische Felder spielten in den Anzeigen eine untergeordnete Rolle und konnten zum größten Teil allgemeinen Repräsentationen der Elektrotechnik zugeordnet werden.

Die repräsentative Dominanz bestimmter Technikfelder wie Datenverarbeitung, Kommunikationstechnik, Weltraum- und Raketentechnik sowie »systems engineering« lässt drei Interpretationen zu: Zum einen kann angenommen werden, dass der Typus des *Scientific American* als disziplinenübergreifende wissen-

schaftliche Zeitschrift bestimmte Technikfelder in den Anzeigen bevorzugte bzw. vernachlässigte.

Abb. 1: Anzeige der MITRE Corp., 1963<sup>39</sup>

**HOW MUCH  
CAN A SCIENTIST DO FOR HIS COUNTRY?**

At MITRE engineers and scientists are working to create the command and control systems that protect our country from attack. This is a job of global scope and national importance.

You know some of these systems by name — SAGE, BMEWS, NORAD Combat Operations Center. Here is an opportunity for you to become intimately acquainted with their design, development and integration. And perhaps most important — to help in the creation of systems yet unnamed.

Your work at MITRE would lead you into new areas of work — spawned by the growing new science, Military Command Technology. You might be developing survivability techniques, or processing intelligence data with one of the world's largest computers, or designing new systems for tracking space hardware.

Whatever you do — and there are many opportunities for a systems man at MITRE — your work will be of great importance to the country. Your participation, in fact, will involve you with the basic defense of the free world.

MITRE is located in pleasant, suburban Boston. Rewards are competitive. Requirements, B.S., M.S. or Ph.D. in these disciplines — electronics, physics, and mathematics.

Write in confidence to Vice President — Technical Operations, The MITRE Corporation, Box 208, Dept. MN26, Bedford, Mass.

**THE  
MITRE  
CORPORATION**  
*An Equal Opportunity Employer*

MITRE, an independent nonprofit corporation, working with — not in competition with — industry, serves as technical advisor to the Air Force Electronic Systems Division, and is chartered to work for such other Government agencies as the Federal Aviation Agency.

Die eher geringe Repräsentanz der Konsumtechnik kann dementsprechend kaum überraschen, darf jedoch nicht verallgemeinert und auf andere Zeitschriften übertragen werden. Zum zweiten handelt es sich bei den Anzeigen zu einem großen Teil nicht nur um Werbung sondern auch um Stellenanzeigen, sodass zunächst nichts weiter als ein Personalmangel in diesen Bereichen konstatiert werden kann. Die Stellenanzeigen spiegeln also die Verschiebung der staatlichen und militärischen Forschungsfelder im Militärisch-Industriellen Komplex wider. Zum dritten kann die Dominanz bestimmter technischer Bereiche bei der Repräsentation in Anzeigen dahingehend interpretiert werden, dass diesen eine kulturelle und ideologische Leitbildfunktion zukam, sie also repräsentativ waren für die Vorstellungen und Wahrnehmungen einer historisch spezifischen Interpretation von Modernität und technischem Fortschritt in den 1950er und 1960er Jahren. Die Werbeforschung hat in zahlreichen Studien plausibel nachgewiesen, dass Werbung als »Projektionsschirm der Mentalitäten« anzusehen ist,<sup>40</sup> der sozialen und kulturellen Wandel dokumentiert und diesem einen sinnvollen Gehalt gibt. Die inhaltliche Analyse dieses Aspektes soll im Folgenden exemplarisch an einzelnen Anzeigen durchgeführt werden.<sup>41</sup>

Die Anzeige der *MITRE Corp.* erschien 1963 im *Scientific American*. Die bildliche Komponente der Anzeige zeigt eine Person von hinten, die kniend eine Tafel beschriftet. Die leger, saubere Kleidung des abgebildeten weißen Mannes und die Tafel weisen darauf hin, dass seine Tätigkeit nicht in einer Fabrikhalle oder im Freien ausgeübt wird, sondern in einem Büro. Der Text der Anzeige lässt den Betrachter die abgebildete Person als einen Ingenieur bzw. Wissenschaftler identifizieren, der ein »command and control system« entwirft. Die hier gewählte Darstellung des Arbeitsalltags dieses »Systemingenieurs« unterscheidet sich damit fundamental von den symbolischen Codes, die Ingenieurdarstellungen vor dem Zweiten Weltkrieg geprägt hatten. War es bis dahin üblich, Ingenieure und Techniker zusammen mit einem technischen Artefakt abzubilden, wurde Technik in der vorliegenden Anzeige nur noch über die Symbole an der Tafel repräsentiert. Ingenieure des 19. Jahrhundert posierten gerne vor den technischen Fortschrittssymbolen des Industriezeitalters, wie beispielsweise Dampfmaschinen, Ozeandampfer, Generatoren usw., die zudem in ihren gigantischen Ausmaßen gezeigt wurden.<sup>42</sup> Die Bilder des maschinellen und elektrotechnischen Industriezeitalters inszenierten die Beherrschung der mächtigen technischen Kräfte und der Materialität durch den Ingenieur, der oft mit Insignien der Tatkraft und der Praxisorientiertheit, beispielsweise in schmutziger Kleidung, dargestellt wurde. In der MITRE-Anzeige wird dagegen ein im Büro arbeitender Experte gezeigt, der die Kontrolle über die technischen Kräfte nicht mehr durch seine gleichsam physische Präsenz am technischen Artefakt ausübt, sondern über die

Manipulation von Symbolen an einer Tafel. Der Konnex zwischen Ingenieur und technischer Materialität scheint aufgehoben zu sein und weicht der Darstellung einer intellektuellen Tätigkeit, die die Präsenz eines technischen Artefaktes im Konstruktions- und Designprozess nicht mehr benötigt. Symbolisch wird die vormalige Trennung zwischen Naturwissenschaftlern, die oft mit filigranen Labortechniken an ihrer Seite gezeigt wurden, und Ingenieuren aufgehoben. Auch auf der textlichen Ebene wird die Aufhebung dieser Grenzziehung vollzogen: Werden zunächst »engineers and scientists« angesprochen, ist weiter unten schlicht von »systems man« die Rede. Diese Form der Darstellung von Ingenieuren bzw. Wissenschaftlern des Militärisch-Industriellen Komplexes kann als typisch angesehen werden. Zahlreiche weitere Anzeigen fokussieren ihre Abbildungen auf den Kopf der abgebildeten Wissenschaftler, so dass diese als »Arbeiter des Geistes« plausibilisiert werden (vgl. Abb. 2 und 3).


Fachlich erwarteten die Unternehmen vom neuen Prototypen des »systems man«, so verrät es eine Anzeige der *IBM* von 1962, Kenntnisse in einem der Bereiche »Applied mathematics, Applied statistics, Computer systems analysis, Computer systems design, Systems logic design, Systems integration, Information theory, Data transmission« sowie zusätzliche Erfahrungen in »electrical engineering, physics, or mathematics; and proven ability to assume a high degree of technical responsibility in your sphere of interest.«<sup>43</sup> Der »systems man« musste also in der Lage sein, die Disziplinengrenzen zwischen Naturwissenschaften, Mathematik und Ingenieurwissenschaften in seiner Person zu überbrücken.

Neben diesen fachlichen Qualifikationen machten die Unternehmensanzeigen weitere Qualitäten des »systems man« aus, die auf die intellektuellen Fähigkeiten desselben zielten. So wurde in vielen Anzeigen »creative mindpower« eingefordert,<sup>44</sup> darauf hingewiesen, dass die Potenziale eines Unternehmens »in the minds of the many conceptual thinkers« lägen<sup>45</sup> und die Vorteile von Teamarbeit gepriesen. So durfte in einer Anzeige des *Jet Propulsion Laboratory* (Abb. 2) von 1963 ein namentlich genannter Ingenieur in einer Fotoserie, die diesen in sieben verschiedenen Denkposen zeigte, über seine Tätigkeit berichten, die er als spannende Detektivarbeit bezeichnete. Gleichzeitig lobte er die professionelle aber lockere Atmosphäre innerhalb des Unternehmens, die den Mitarbeitern die nötigen Freiheiten bei der Arbeit ließe. Die anschließende Erwähnung der Unternehmensbibliothek und der Hinweis auf die Möglichkeit der Mitarbeiter, ihr Wissen zu veröffentlichen, sollten die wissenschaftliche Ausrichtung des Unternehmens unterstreichen. Der Rekurs auf die Wissenschaftlichkeit der Forschungsarbeit wurde in zahlreichen Anzeigen zur Beschreibung der Unternehmenskultur herangezogen und war mit dem Anreiz verbunden, dass neue Wege


bei der Erforschung und Entwicklung technischer Systeme eingeschlagen werden sollten, die auf einen regen Informationsaustausch mit Kollegen basierten.<sup>46</sup>

Abb. 2: Anzeige des *Jet Propulsion Laboratory*, 1963<sup>47</sup>


## I like detective work




It started when we developed the data reduction facility for the Explorer Program. We took the magnetic tapes, reduced and recorded the data in analog fashion, and turned it over to the scientists.




One of the channels on the satellite apparently had stopped working. Our detective work said the data reduction lab was working properly and it must have been something in the satellite.




Normally you see a square wave. But it dropped to a straight line. The Geiger counter on board saw too many counts per second and it just couldn't keep up.




What happened was that this particular channel saturated because the cosmic ray intensity was so high. It was the first clue to radiation belts.



You can learn a lot here at JPL. Probably more than at any other single organization I can think of. And the engineers call the shots here. I like the freedom, the professional atmosphere, the shirt-sleeve atmosphere.



They even sent me over to Florence, Italy, last April, to present a paper I'd written.



I really like it here. The facilities, like the library, are the best. And you couldn't work with a nicer group of people.


You've just been talking to Bean Martin, Engineering Group Supervisor at Caltech's Jet Propulsion Laboratory —the facility responsible for R&D on lunar, planetary, and interplanetary explorations. He's been at JPL for 5 years. He plans to spend 50 more here. If your future doesn't look as bright, you might be right to write to JPL.



**JET PROPULSION LABORATORY**  
 4802 Oak Grove Drive, Pasadena, California  
 Attention: Personnel Department  
"An equal opportunity employer."  
 Operated by California Institute of Technology  
 for the National Aeronautics and Space Administration.



Abb. 3: Northrop-Anzeige, 1963<sup>48</sup>



**Come to Northrop and get it off your mind.**

A new idea can't mature on uncritical acceptance. It must challenge. It must convince. Its survival and growth depend on an atmosphere of open discussion.

If you enjoy the stimulation of free debate, you'll like working at Northrop. We have more than 70 active projects in work, and we're constantly evaluating new lines of inquiry. Present programs cover such fields as interplanetary navigation and astro-inertial guidance, aerospace deceleration and landing, man-machine and life support systems for space, automatic checkout and failure prediction systems, laminar flow control techniques, undersea technology and world-wide communications.

Why not get in touch with us, and talk things over? Write to Dr. Alexander Weir, Northrop Corp., Beverly Hills, California, and tell us your field of interest. You'll receive a prompt reply.

**NORTHROP**  
AN EQUAL OPPORTUNITY EMPLOYER

»Come to Northrop and get it out of your mind«, heißt es in einer Anzeige des US-amerikanischen Waffenproduzenten (Abb. 3), der die »atmosphere of open discussion« und damit sowohl die intellektuelle als auch die in einem interdisziplinären Team unverzichtbare kommunikative Charakteristik des »systems engineering« betonte. Dem gängigen Stereotyp vom universitären Wissenschaftler, der alleine im Elfenbeinturm forscht, wird ein Bild vom »systems man« entgegen gestellt, das zum einen auf Teamarbeit setzt und zum anderen betont, dass »basic and applied research« im »systems engineering« zusammenfallen. »Teamwork makes man master of the machine«, so lautete konsequent das Motto des Unternehmens *Philco* – eine Tochter der *Ford Motor Company*, die Verteidigungssysteme entwickelte.<sup>49</sup>

Die quantitative Analyse des Jahrgang 1962 des *Scientific American* ergab, dass ein signifikanter Teil der Anzeigen explizit auf die Rolle der Ingenieure für die nationale Sicherheit hinwies. In der Anzeige der *MITRE Corp.* (Abb. 1) spielt diese Verbindung von technischer Entwicklungsarbeit und US-amerikanischer Militärdoktrin eine zentrale Rolle. Als ein Non-profit-Unternehmen des MIT entwickelte die *MITRE Corp.* in den 1950er Jahren ein Flugabwehrsystem (SAGE) für das Militär und war der gesamten organisatorischen und konzeptionellen Ausrichtung nach ein typisches Unternehmen des Kalten Krieges, das in den Netzwerken des Militärisch-Industriellen Komplexes integriert war.<sup>50</sup> Im Text der Anzeige heißt es: »Whatever you do – and there are many opportunities for a systems man at MITRE – your work will be of great importance to the country. Your participation, in fact, will involve you with the basic defense of the free world.«, womit die rhetorische Frage in der Überschrift der Anzeige, »How much can a scientist do for his country?«, die gleichsam appellativen Charakter hat, beantwortet war. Der Systemingenieur als wissenschaftlich-technischer Experte garantierte im Systemwettkampf zwischen der »freien Welt« und dem Kommunismus die nationale Sicherheit der USA. Das politische Problem des Kalten Krieges wurde in ein soziotechnisches Leitbild militärtechnischer Sicherheit, die in das Aufgabenfeld der Systemingenieure fiel, übersetzt.

Damit öffnete sich auf der Ebene der piktoralen Repräsentation die Möglichkeit, Waffensysteme abzubilden, die als Symbole dieser neuen militärtechnischen Modernität des Kalten Krieges fungierten. Während Abbildung 1 auf die Darstellung von Kriegstechnik zu Gunsten einer abstrakten Systemdarstellung verzichtet und damit auf die neuen Designtechniken des »systems engineering«, wie beispielsweise die Verwendung von Block- und Flussdiagrammen, verwies,<sup>51</sup> zeigten andere Anzeigen militärische Systeme in ihrer Materialität. Interessanterweise wurden die modernen Waffensysteme, also die Raketen, Zerstörer, Hubschrauber, Kampffjets, Panzer, Satelliten usw., fast ausschließlich ohne

dazugehörige Ingenieure gezeigt. Die in der MITRE-Anzeige zum Ausdruck gebrachte Entmaterialisierung des technischen Designprozesses wurde also aufrecht erhalten, die Verbindung zwischen der Tätigkeit des Systemingenieurs und den militärtechnischen Endprodukten überwiegend in den Anzeigentexten hergestellt.

Abb. 4: Anzeige der *System Development Corporation*, 1963<sup>52</sup>

**Decision-Making: Deploy or not?...When and where?**

The costly, complex weapons systems of today make such a decision far more difficult than in the past. World-wide forces and events are frequently involved. The time for decision has been compressed, the information on which it must be based has been multiplied in volume, variables, interrelationships. This new era of decision-making has led commanders and governmental leaders to make use of man-machine systems which provide information processing assistance. SDC's staff of scientists, engineers and computer programmers have been developing these huge systems for more than eight years.

They help develop the system itself, not the hardware within the system. Specifically, they analyze system requirements, synthesize the system, instruct computers which are the core of the system, train the system, evaluate the system, adapt it to the changing needs of its users. And in so doing, they consider the interaction and effect of men, doctrine, tradition, training; of organizations, chains-of-command and chains-of-succession; of communications, traffic centers, command posts, computers and displays. Human factors scientists, operations research scientists, systems-oriented engineers, and computer pro-

grammers interested in joining this rapidly expanding field and working in a close interdisciplinary effort are invited to write Dr. H. E. Best, SDC, 2430 Colorado Ave., Santa Monica, California. Positions are open at SDC facilities in Santa Monica; Washington, D. C.; Lexington, Massachusetts; Paramus, New Jersey; and Dayton, Ohio. "An equal opportunity employer."



**SDC**  
System Development Corporation  
Systems that help men make decisions and exercise control



11-048

Eine Anzeige der *System Development Corporation* (Abb. 4) versuchte demgegenüber eine symbolische Integration von Waffentechniken des Kalten Krieges in das »systems engineering«. Einerseits wurden die für den Kalten Krieg typischen Waffensysteme und -gattungen dargestellt, andererseits verwies im Zentrum der Collage die Abbildung einer Lockkarte und eines Datenblattes auf die Grundlagen eben jener Waffensysteme, nämlich die Datentechnik.

Durch die Zusammenfügung der verschiedenen Waffensysteme und der Datentechnik in einer Abbildung wird klar gemacht, dass es im systemischen Designprozess weniger um die Entwicklung einer einzelnen Waffentechnik geht, sondern um die Integration der Waffensysteme und um deren richtigen und effizienten Einsatz. Das Problem, welches hier im Zentrum stand, war also nicht, eine Rakete in die Luft zu bringen, sondern, wie es in der Anzeigenüberschrift heißt, »Decision-Making: Deploy or not? ... When and where?«. »Decision-making« meinte hier, die hochkomplexen Waffensysteme zum richtigen Zeitpunkt und am richtigen Ort zum Einsatz zu bringen, eine Entscheidung, die auf Datenverarbeitung und strategischer Analyse beruht. Neben der symbolischen und diskursiven Darstellung des »system engineering« als Garant nationaler Sicherheit eröffnet sich ein weiterer Interpretationsrahmen, der auf den amerikanischen Frontier-Mythos abzielt und diesen mit den Visionen des Kalten Krieges von der wissenschaftlich-technischen Beherrschbarkeit des gesamten Erdballs und des Weltraums verknüpfte.

Der erwähnte Bericht Vannevar Bushs, der ein Konzept für die Wissenschaftsorganisation nach dem Zweiten Weltkrieg entwarf, war programmatisch betitelt mit »Science the Endless Frontier« und schloss damit an einen Topos an, der in den 1930er Jahren im Wissenschaftsbereich gang und gäbe geworden war.<sup>53</sup> Die Frontiermentalität der amerikanischen Pioniere, wie sie der amerikanische Historiker Frederick Jackson Turner als konstitutiv für die amerikanische Gesellschaft beschrieb,<sup>54</sup> sollte gleichsam, nachdem die territoriale Expansion abgeschlossen war, von den Ingenieuren weiter geführt werden. Die Zivilisierung der amerikanischen Wildnis als ein bestimmendes Element des Frontier-Diskurses hatte nun im Bereich der Technik als zeitlich endloser Prozess des wissenschaftlich-technischen Fortschritts weiter geführt zu werden.<sup>55</sup> Eine räumliche Repräsentation des Frontier-Konzeptes in den Ingenieurwissenschaften konnte in den 1960er Jahren anschließen an das amerikanische Mondlandeprojekt, das den Blick der Ingenieure und Wissenschaftler in den Weltraum lenkte.

Abb. 5: Anzeige der System Development Corporation, 1961.<sup>56</sup>

**SAC Control System: New powers of decision for men in command**

This world-wide communication network will help Strategic Air Force leaders exercise command and control almost in response to events of the moment. Yet the forces involved are dispersed throughout the world, the volume and complexity of information unprecedented. † The SAC Control System will be a product of the new technology of automated information processing assistance. We have helped create this new technology, beginning with our work on SAGE. In projects such as SAACS and SAGE, we perform system analysis, information processing system design, and training of personnel in system use. And as a continuing effort, we carry on research into future generations of these control systems.

Scientists and engineers interested in joining an interdisciplinary approach to system development are invited to inquire about our rapidly expanding efforts. Positions are open for Operations Research Scientists, Computer Programmers, Engineers, Human Factors Scientists at our Santa Monica, California, Lexington, Massachusetts, Washington, D. C., and Paramus, New Jersey facilities. Please address Mr. R. L. Obrey, SDC, 2430 Colorado Avenue, Santa Monica, California. All qualified applicants will receive consideration for employment without regard to race, creed, color or national origin.

**SDC**  
SYSTEM  
DEVELOPMENT  
CORPORATION

The globe shown is the Dymaxion projection by R. Buckminster Fuller. It depicts the spherical world as a flat surface with a minimum of distortion.

Als Prestigevorhaben im technischen Wettkampf der politischen Blöcke enthielt die wissenschaftlich-technische Eroberung des Weltraumes eine starke ideologische Komponente, die die Ingenieure erneut einband in den nationalen Sicherheitsdiskurs des Kalten Krieges. Die zahlreichen Anzeigen zum Thema Weltraum- und Raketentechnik im *Scientific American* machen diesen Doppelaspekt von zivilisatorischer Ausdehnung des menschlichen Beherrschungswillens über die Natur einerseits (also die Ausdehnung der »frontier« in den Weltraum) und von militärisch-technischem Dominanzstreben andererseits überdeutlich.

In einer Collage des Unternehmens *McDonnell*, die vor einem Sternenhimmel die Mercury-Kapsel, Lindberghs Flugzeug *Spirit of St. Louis*, einen Siedlungstreck sowie das berühmte Wahrzeichen von St. Louis, den *Gateway Arch*, der ein Symbol für die Expansion nach Westen ist, zusammenbrachte, wurde die Frontier-Mentalität symbolisch kongenial abgebildet.<sup>57</sup> Im Text der Anzeige heißt es: »The Gateway to the West has become the Gateway to the Space.« Der Blick in den Weltraum, den die Anzeigen zum Thema Weltraumtechnik bildlich nachvollziehen, fällt jedoch ebenso wieder zurück auf die Erde. Die neue Satellitentechnik diene nicht nur zur Erweiterung der wissenschaftlich-technischen »frontier« in den Weltraum, sondern auch der Erforschung des heimischen Planeten.

Die Anzeige der *System Development Corporation* aus dem Jahre 1961 (Abb. 5) zeigt schließlich einen ästhetisch verfremdeten Satellitenblick auf den Erdglobus, dessen unregelmäßige Kugelform umgeformt worden ist in einen gleichmäßigen, mehrseitigen Kubus aus planen Flächen. Die Zahlen und Buchstabenkombinationen, die auf den Flächen des Erdkubus verteilt sind, verweisen auf die mathematische und informationelle Verdatung der Erde durch die Satelliten- und Computertechnik.<sup>58</sup> Die beiden Hände umgreifen die Erde und symbolisieren die Beherrschbarkeit und Kontrolle des Menschen über seinen Heimatplaneten. Damit wurde das Tätigkeitsfeld des »systems man« symbolisch ausgedehnt zur Arbeit an der »endless frontier«. Dass diese allumfassende Kontrollvision keineswegs nur eine Metapher für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt war, sondern zugleich eine militärisch-politische Dimension einschloss, macht der Anzeigentext deutlich, der die Bedeutung weltweiter Informationsnetzwerke für die Einsatzplanung der amerikanischen Luftwaffe betont. Nationale Sicherheit im Kalten Krieg wurde nicht mehr beschränkt auf das Territorium der USA, sondern galt als eine globale Aufgabe, die eine systemische Informationsvernetzung der Streitkräfte erforderte und die gesamte Erde und den Weltraum sowohl zum zukünftigen Schlachtfeld als auch zum Labor der Systemingenieure machte. Die Biosphäre mutierte in der vorliegenden Anzeige zur militärisch kontrollierbaren Technosphäre.<sup>59</sup> Wissenschaftlich-technische Beherrschung der Erde und des

Weltraums hieß somit in den 1960er Jahren auch militärische und politische Beherrschung des Gegners. Der Systemingenieur wurde somit auch symbolisch überhöht als Garant nationaler und globaler Sicherheit.

## Ingenieure – Kämpfer im Kalten Krieg?

Die Anzeigen des *Scientific American* aus den 1960er Jahren zeigten den Ingenieur des Kalten Krieges als eine entscheidende Säule im Kampf gegen den Kommunismus. Sie können als symbolische Legitimationsstrategie interpretiert werden, mit deren Hilfe die Integration der Ingenieurwissenschaften in die sozialen Netzwerke des Militärisch-Industriellen-Komplexes gewährleistet werden sollte. Mit dem militärischen und moralischen Desaster des Vietnamkriegs sowie den gesellschaftlichen und kulturellen Umbrüchen in den USA Ende der 1960er Jahre wurde die Selbstverständlichkeit dieser Eigenwahrnehmung durchbrochen: Immer mehr Unternehmen verzichteten in ihren Anzeigen sukzessive auf einen diskursiven oder bildlichen Bezug zu den militärischen Nutzungsmöglichkeiten des neuen technischen Systemwissens. Das kulturelle Kapital des Militärisch-Industriellen Komplexes hatte sich teilweise aufgebraucht.

## Anmerkungen

- 1 A. Pacey: *The Culture of Technology*, 3. Aufl. Cambridge 1986.
- 2 Ebd., S. 6.
- 3 T. Lenoir: *Politik im Tempel der Wissenschaft. Forschung und Machtausübung im deutschen Kaiserreich*, Frankfurt a. M./New York, 1992, S. 146–171; J. M. Staudenmaier: *Technology's Storytellers. Reweaving the Human Fabric*, Cambridge/London 1985, S. 121–161.
- 4 M. Hard: Zur Kulturgeschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Eine internationale Literaturübersicht, in: *Technikgeschichte* 70 (2003), H. 1, S. 23–45.
- 5 S. Traweek: *Border Crossings: Narrative Strategies in Science Studies and among Physicists in Tsukuba Science City, Japan*, in: A. Pickering (Hg.): *Science as Practice and Culture*, Chicago 1992, S. 429–466, hier S. 437f.
- 6 Zur Problematik von Bildquellen aus technikhistorischer Perspektive vgl. Th. Hänseroth: *Gelehrte Bilder: Geometrisierte Wissensrepräsentationen in der Bauliteratur des 17. und 18. Jahrhunderts als symbolische Einlösung des Nützlichkeitsversprechens frühneuzeitlicher Wissenschaft*, in: T. Meyer / M. Popplow (Hg.): *Technik, Arbeit und Umwelt in der Geschichte*. Günter Bayerl zum 60. Geburtstag, Münster 2006, S. 201–220, hier S. 201–204.
- 7 G. Hooks: *Forging the Military-Industrial Complex. World War II's Battle of the Potomac*, Urbana/Chicago 1991, S. 10ff.; L. Bluma: *Norbert Wiener und die Entstehung der Kybernetik im Zweiten Weltkrieg*, Münster 2005, S. 50–88 u. S. 164–170.
- 8 J. G. Hershberg: *James B. Conant. Harvard to Hiroshima and the Making of the Nuclear Age*, Stanford 1993, S. 120f.

- 9 Zum »differential analyzer« vgl. V. Bush: The Differential Analyzer: A New Machine for Solving Differential Equations, in: *Journal of the Franklin Institute* 212 (1931), Nr. 4, S. 447–488; L. Owens: Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer, in: J. M. Nyce / P. Kahn (Hg.): *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Boston u.a. 1991, S. 3–38.
- 10 Zur Zusammenarbeit Bushs mit der Navy vgl. C. Burke: *Information and Secrecy. Vannevar Bush, Ultra, and the Other Memex*, New York/London 1994, S. 125ff.
- 11 Vorbild war hier das deutsche Universitätssystem; vgl. R. M. Abrams: *The U.S. Military and Higher Education: A Brief History*, in: *The Annals of the American Academy of Political and Social Science* 502 (1989), S. 15–28, hier S. 17.
- 12 Zur Organisation des NDRC vgl. J. Ph. Baxter: *Scientists Against Time*, 6. Aufl. Cambridge/London 1968, S. 15ff.
- 13 Zur Organisation des OSRD vgl. I. Stewart: *Organizing Scientific Research for War. The Administrative History of Scientific Research and Development*, Boston 1948.
- 14 Th. P. Hughes: *American Genesis. A History of the American Genius for Invention*, New York 1990, S. 381–398.
- 15 Details zum Kontraktwesens finden sich bei J. Lieske: *Forschung als Geschäft. Die Entwicklung von Auftragsforschung in den USA und Deutschland*, Frankfurt a.M. 2000, S. 139–185.
- 16 Der Begriff »turning point« zur Charakterisierung des Umbruches der amerikanischen Wissenschaftsorganisation während des Zweiten Weltkrieges findet sich bei R. S. Cowan: *A Social History of American Technology*, New York/Oxford 1997, S. 260.
- 17 Entsprechend besaßen diese Universitäten Kompetenzen im Projektmanagement, welches nun eine Schlüsselressource bei der Forschung und Entwicklung von Waffensystemen werden sollte; vgl. P. Galison: *The many Faces of Big Science*, in: Ders. / B. Hevly (Hg.): *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*, Stanford 1992, S. 1–17, hier S. 3ff.
- 18 S. S. Schweber: *The Empiristic Temper Regnant: Theoretical Physics in the United States 1920–1950*, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 17 (1986), Nr. 1, S. 55–98, hier S. 91ff; L. Owens: *The Counterproductive Management of Science in the Second World War: Vannevar Bush and the Office of Scientific Research and Development*, in: *Business History Review* 68 (1994), S. 515–576, hier: S. 537f.
- 19 Zur Theorie soziotechnischer Netzwerke vgl. M. Callon / J. Law: *On the Construction of Sociotechnical Networks: Content and Context Revisited*, in: *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present* 8 (1989), S. 57–83; J. Weyer / U. Kirchner / L. Riedl / J. F. K. Schmidt (Hg.): *Technik die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese*, Berlin 1997. Eine originelle netzwerktheoretische Analyse des Militärisch-Industriellen Komplexes liefert A. Pickering: *Cyborg History and the World War II Regime*, in: *Perspectives on Science* 3 (1995), Nr. 1, S. 1–48.
- 20 G. P. Zachary: *Endless Frontier: Vannevar Bush*, New York u.a. 1997, S. 116.
- 21 Stewart: *Organizing Scientific Research*, S. 301ff.
- 22 V. Bush: *Science the Endless Frontier. A Report to the President*, Washington 1945.
- 23 Ebd., S. 26 u. S. 28ff.
- 24 Nach dem Zweiten Weltkrieg kam es erneut zu heftigen politischen Auseinandersetzungen zwischen den »New Dealers« und den New-Deal-Gegnern um die Rolle des Staates in der amerikanischen Gesellschaft; vgl. C. E. Barfield: *Introduction and Overview*, in: Ders. (Hg.): *Science for the Twenty-first Century. The Bush Report Revisited*, Washington 1997, S. 1–23, hier S. 3; D. L. Kleinman / M. Solovey: *Hot Science/Cold War: The Na-*



- 
- tional Science Foundation After World War II, in: *Radical History Review* 63 (1995), S. 110–139.
- 25 Zur Mobilisierung der amerikanischen Wissenschaften für den Korea Krieg vgl. St. W. Leslie: *The Cold War and American Science. The Military–Industrial–Academic Complex at MIT and Stanford*, New York 1993, S. 60ff.
  - 26 Z. Wang: *The Politics of Big Science in the Cold War: PSAC and the Funding of SLAC*, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 25 (1995), Nr. 2, S. 329–356.
  - 27 D. J. Kevles: *Cold War and Hot Physics: Science Security, and the American State, 1945–56*, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 20 (1990), Nr. 2, S. 239–263; P. Forman: *Behind Quantum Electronics: National Security as Basic for Physical Research in the United States, 1940–1960*, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 18 (1987), Nr. 1, S. 149–229. S. 193ff.; Barfield, a. a. O., S. 10f.
  - 28 St. H. Cutcliff / T. S. Reynolds: *Technology in American Context*, in: Dies. (Hg.): *Technology & American History. A Historical Anthology from Technology & Culture*, Chicago/London 1997, S. 5–26, hier S. 22.
  - 29 Exemplarisch kann hier die Entwicklung des computergestützten Raketenabwehrsystems SAGE am MIT genannt werden, das eine Antwort auf die Bedrohung der USA durch sowjetische Langstreckenbomber war; vgl. Th. P. Hughes: *Rescuing Prometheus. Four Monumental Projects that Changed the Modern World*, New York 2000, S. 15ff.
  - 30 Zu Operations Research vgl. M. Fortun / S. S. Schweber: *Scientists and the Legacy of World War II: The Case of Operations Research (OR)*, in: *Social Studies of Science* 23 (1993), S. 595–642.
  - 31 Zum »systems engineering« vgl. A. C. Hughes / Th. P. Hughes (Hg.): *Systems, Experts and Computers. The Systems Approach in Management and Engineering. World War II and After*, Cambridge/London 2000; L. Bluma: *Norbert Wiener*, S. 189ff.
  - 32 Bluma: *Wiener*, S. 118ff.
  - 33 Hughes: *Rescuing Prometheus*, S. 154ff.
  - 34 Einführend zur bildlichen Repräsentation von Wissenschaft und Technik vgl. S. Nikolow / L. Bluma: *Die Zirkulation der Bilder zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Ein historiographischer Essay*, in: B. Hüppauf / P. Weingart (Hg.): *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*, Bielefeld 2009, S. 45–78.
  - 35 I. Heumann: *Populäres Wissen. Wissenskommunikation im deutsch-amerikanischen Vergleich*, in: *Nachrichtenblatt der DGGMNT* 2 (2011), S. 39–45, hier S. 39; vgl. auch Dies.: »Mit Sicherheit und Würde der Öffentlichkeit über ihre Arbeit berichten«. *Wissenskommunikation in Bild der Wissenschaft und Scientific American (1964–1974)*, in: S. Stöckel / W. Lisner / G. Rüge (Hg.): *Das Medium Wissenschaftszeitschrift seit dem 19. Jahrhundert. Verwissenschaftlichung der Gesellschaft – Vergesellschaftung von Wissenschaft*, Stuttgart 2009, S. 207–228. In dieser kurzen Vorstellung der Ergebnisse ihrer Dissertationsschrift finden sich auch weitere Informationen zur Wissenskommunikation im *Scientific American*.
  - 36 S. Nikolow / A. Schirmacher (Hg.): *Wissenschaft und Öffentlichkeit als Ressourcen füreinander. Studien zur Wissenschaftsgeschichte im 20. Jahrhundert*, Frankfurt a.M. 2007; vgl. darin insbesondere M. G. Ash: *Wissenschaft(en) und Öffentlichkeit(en) als Ressourcen füreinander. Weiterführende Bemerkungen zur Beziehungsgeschichte*, in: ebd., S. 349–362.
  - 37 Zu seriell-ikonographischen Methoden der Bildanalyse vgl. J. Jäger: *Photographie: Bilder der Neuzeit. Einführung in die Historische Bildforschung*, Tübingen 2000, S. 77ff.

- 
- 38 Die Zuweisung zu bestimmten technischen Feldern lässt Mehrfachkategorisierungen zu. Wird in einer Anzeige z.B. mit einem Satelliten geworben und dessen Funktion als Kommunikationsmedium erwähnt erfolgte eine Kategorisierung sowohl in »Weltraum-/Raketentechnik« als auch in »Kommunikationstechnik«. Obwohl bei diesem Beispiel konnotativ immer auch eine militärische Anwendung implizit enthalten ist, erfolgte eine Zuweisung zur Kategorie »Militärtechnik« nur bei einem expliziten Bezug auf diese Anwendungsmöglichkeit.
- 39 Scientific American 208 (1963), Nr. 1, S. 141.
- 40 D. Pfister: Bilderwelt der Konsumgesellschaft. Werbung in ihrem ökonomischen und kulturellen Umfeld, in: D. Di Falco / P. Bär / Ch. Pfister (Hg.): Bilder vom besseren Leben: Wie Werbung Geschichte erzählt, Stuttgart 2002, S. 9–15, hier S. 10.
- 41 Alle ausgewählten Anzeigen wurden in mehreren Ausgaben und Jahrgängen der Scientific American abgedruckt. Es wurde jedoch jeweils nur ein Nachweis angegeben.
- 42 Beispielhaft kann hier die Fotoserie aus der Mitte des 19. Jahrhunderts genannt werden, die den Ingenieur Isambard K. Brunel beim Bau des damals größten Schiffes Great Eastern zeigen. Abgebildet vor den riesigen Bauteilen des Schiffes zeigen die Fotos die Überlegenheit des tatkräftigen Ingenieurindividuums über die Gewalten der Natur und Technik; vgl. auch Jäger: Photographie, S. 161–167.
- 43 Anzeige von IBM, in: Scientific American 206 (1962), Nr. 5, S. 164.
- 44 Anzeige von Motorola, in: Scientific American 206 (1962), Nr. 5, S. 163.
- 45 Anzeige von Hoffman/Electronics Corp., in: Scientific American 206 (1962), Nr. 4, S. 129.
- 46 So heißt es in einer Anzeige der Bell Telephone Laboratories: »But surely discovery is more likely when people are stimulated to think in new ways. And nothing more powerfully stimulates scientists and engineers than up-to-the-minute discussion of the latest developments. Bell Laboratories scientists and engineers make a point of exchanging information on their latest advances not only among themselves but with the great world-wide professional community to which they belong.« Scientific American 206 (1962), Nr. 4, S. 25.
- 47 Scientific American 208 (1963), Nr. 1, S. 146.
- 48 Scientific American 208 (1963), Nr. 2, S. 165.
- 49 Anzeige von Northrop, in: Scientific American 206 (1962), Nr. 6, S. 15.
- 50 Hughes: Rescuing Prometheus, S. 15–67.
- 51 L. Bluma: Das Blockdiagramm und die Systemingenieure. Eine Visualisierungspraxis zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in der US-amerikanischen Nachkriegszeit, in: NTM/NF 10 (2002), S. 247–260.
- 52 Scientific American 208 (1963), Nr. 1, S. 167.
- 53 Bush: Science.
- 54 F. J. Turner: The Significance of the Frontier in American History, in: Report of the American Historical Association 1893, S. 199–227.
- 55 Zur Verbreitung der »Frontier-Ideologie« in den amerikanischen Ingenieurwissenschaften vgl. A. Pacey: Meaning in Technology, 2. Aufl. Cambridge/London 2001, S. 180–185.
- 56 Scientific American 205 (1961), Nr. 2, S. 7.
- 57 Anzeige von McDonnell, in: Scientific American 206 (1962), Nr. 4, S. 22.
- 58 Eine detaillierte Analyse der Computerdarstellungen im Scientific American würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen.
- 59 Zur Umdeutung der Erde als Technosphäre durch systemische Theorien vgl. S. Höhler / F. Luks: Die ökonomische Konstruktion ökologischer Wirklichkeit: Vorarbeiten, Thesen und

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Lars Bluma  
Deutsches Bergbau-Museum Bochum  
Am Bergbaumuseum 28  
44791 Bochum

